

Revurdering af marine kortlægningsdata som grundlag for udpegning af habitatområder offshore i Nordsøen

Kortlægning af NATURA 2000 marine naturtyper

Jørgen O. Leth



Revurdering af marine kortlægningsdata som grundlag for udpegning af habitatområder offshore i Nordsøen

Kortlægning af NATURA 2000 marine naturtyper

Udført for Skov- og Naturstyrelsen

Jørgen O. Leth

Indhold

1.	Forord	4
2.	Projektbeskrivelse	5
2.1	Formål	5
2.2	Produkt	5
3.	Data og metoder	6
3.1	Fysiografiske data anvendt til marin habitatkortlægning	8
3.2	Den geologiske historie	8
3.3	Baggrundsmateriale og datakilder	11
3.4	Råstofundersøgelser	15
3.5	Dybdeforhold og morfologi i Skagerrak og Nordsøen	15
3.6	Hydrografiske forhold og bundformer	18
3.7	Vurdering af datagrundlaget	20
4.	Resultater	21
4.1	Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand	21
4.1.1	Kortlægningsmetodik	22
4.2	Rev	22
4.2.1	Residualbund på moræne	23
4.2.2	Kortlægningsmetodik	24
4.2.3	Residualbund på prækvartære sedimenter	24
4.3	Boblerev	24
4.3.1	Kortlægningsmetodik	25
5.	Basisoplysninger til CD om kortlægning af marine naturtyper	26
5.1	Filstruktur	26
5.1.1	1110_Sandbanker	26
5.1.2	1170_Rev	26
5.1.3	1180_Boblerev	27
5.1.4	Manglende_information	27
5.1.5	Andet	27
5.1.6	Nordsø dybdekurver	27
5.1.7	Beskrivelse	27
5.1.8	Workspaces	27
5.2	Kortteknisk beskrivelse	28
6.	Litteratur	29
	Rapporter	29
	Øvrige afhandlinger	31

7. CD med kortlægnings data i MapInfo format af marine naturtyper i Nordsøen ifm. EU-Habitatdirektivet. 33
8. Kortbilag 1. Kortlægning af Habitatdirektivets naturtyper i den danske del af Nordsøen: 1110 Sandbanker, 1170 Rev og 1180 Boblerev. 34

1. Forord

I 2000 gennemførte GEUS på Skov- og Naturstyrelsens foranledning en geomorfologisk kortlægning af marine naturtyper dels indenfor de eksisterende habitatområder, dels i den øvrige del af de danske farvande, med henblik på at tilvejebringe det geologiske grundlag for den supplerende udpegning af habitatområder, der blev gennemført i 2002 (GEUS Rapport 2000/106).

De nationale udpegninger har kun i begrænset omfang omfattet naturtyper udenfor 12 sømil. Med EU-kommissionens ønske om at gennemføre udpegningen af marine habitatområder i EEZ (den eksklusive økonomiske zone) i 2008 er supplerende baggrundsdata for Nordsøens bearbejdet. Bearbejdningen af disse data sammenholdt med den tidligere udpegning fra 2000 udgør i denne rapport grundlaget for en revurdering af naturtyperne i den offshore del af Nordsøen.

De relativt få marine NATURA 2000 område offshore kan forklares ved det mangelfulde videngrundlag, som traditionelt er begrundet i omkostningerne og besværlighederne ved at udføre marine undersøgelser offshore sammenlignet med kystnært og på land. Identifikationen og forvaltning af NATURA 2000 områder er altså mere komplekst offshore end inshore.

Netop for at sikre en fælles forståelse af forpligtelserne i habitatdirektivet offshore blev der i 2003 nedsat en arbejdsgruppe under EU's Habitat Komite, med henblik på at udvikle et sæt fælles retningslinier for forståelse af NATURA 2000 bestemmelserne for det marine miljø samt med henblik på at understøtte medlemslandenes udpegninger og forvaltning af disse områder. Arbejdsgruppen er i maj 2005 fremkommet med et udkast til *"Guidelines – NATURA 2000 Network in the Marine Environment. Application of the Habitat and Birds Directive"*. Her præsenteres en opdatering af marine habitats definitioner indeholdende 8 habitattyper listet i Annex 1 i Habitat Direktivet.

Ud af de listede habitattyper er 3 relevante for den offshore del af den danske Nordsø og dermed for det nærværende projekt.

- Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand (Natura 2000 code 1110)
- Hårdbundsarealer/rev i form af stenede og biogene formationer, der hæver sig over havbunden (Natura 2000 code 1170)
- Undersøiske formationer forårsaget af udstrømmende gas (boblerev) (Natura 2000 code 1180).

Hvad angår udbredelsen af naturtypen "mudder og sandflader, der er blottet ved ebbe" (Natura 2000 code 1140) begrænses den til Vadehavet og er således allerede rapporteret i GEUS Rapport 2000/106.

De uddybede definitioner af de 3 naturtyper jævnfør udkast til guidelines af maj 2005 fremgår af kapitel 4.

2. Projektbeskrivelse

Projektet omfatter en geomorfologisk tolkning af eksisterende akustiske data fra den danske del af Nordsøen mellem Skagen i nord og den dansk/tyske farvandsgrænse i syd med henblik på lokalisering af de 3 marine naturtyper, som indgår i grundlaget for udpegning af habitatområder:

- Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand, hvor vanddybden sjældent overstiger 20 m (Natura 2000 code 1110)
- Hårdbundsarealer/rev i form af stenede og biogene formationer, der hæver sig over havbunden (Natura 2000 code 1170)
- Undersøiske formationer forårsaget af udstrømmende gas (boblerev) (Natura 2000 code 1180).

2.1 Formål

De ovennævnte naturtyper kortlægges med henblik på at tilvejebringe det nødvendige grundlag for udpegningen af habitatområder offshore i Nordsøen. Med udgangspunkt i eksisterende datasæt omhandlende bundtyper, råstofressourcer, dybdeforhold og hydrografiske forhold, kortlægges de 3 naturtyper som MapInfo vektoriserede GIS temaer. Derudover indgår nytolkede, ikke tidligere afleverede GEUS' shallow seismiske data og prøvedata, data fra fiskeriet samt kommercielle data fra diverse efterforsknings- og anlægsaktiviteter som grundlag i de områder, hvor der ikke findes andre informationer. Alternative informationer om havbundens beskaffenhed så som søkort og publicerede afhandlinger vil blive inddraget som sekundært dokumentationsmateriale. Vel vidende at informationer om havbunden i store områder af Nordsøen ikke er tilgængelige, eller udelukkende findes i form af seismiske data uden prøvedækning, vil der fremkomme områder med mangelfuld eller intet grundlag for udpegning af naturtyper.

Der foretages samtidig en revidering af de i 2000 kortlagte områder i Nordsøen.

2.2 Produkt

Kortlægningen præsenteres i form af MapInfo GIS temaer med angivelse af arealfordeling af de 3 naturtyper (sandbanker, rev og boblerev) inden for det danske Nordsø område. Produktet er dels temakort, dels digitale data i form af en CD-rom med de relevante MapInfo-filer.

3. Data og metoder

Kortlægningen af naturtyperne er udført på basis af eksisterende data omhandlende bundtyper, råstofressourcer, dybdeforhold og hydrografiske forhold. Den maringeologiske kortlægning af havbundssedimenterne i Nordsøen er foretaget ud fra seismiske data og andre akustiske data (sidescan sonar og chirp sonar data). Ved den seismiske metode kan sedimenterne indtil ca. 0,5 meter under havbunden generelt ikke adskilles og kortlægningen af de havbundssedimenterne ved denne metode alene bliver derfor et gennemsnit af havbunden til 0,5 meters dybde. Sidescan sonar systemet giver derimod mulighed for at adskille sedimenttyper på grundlag af forskellighederne af det reflekterede signal. Derudover kan objekter på havbunden som f.eks. sten og bundformer afgrænses og opmåles. Således vil man normalt kunne se sten i decimeter størrelsen. Havbundsprøverne, der har været til rådighed, er indsamlet på positioner, som repræsenterer de kortlagte seismiske enheder eller bestemte akustisk adskilte bundtyper.

Tætheden af de anvendte tilgængelige akustiske data fremgår af figur 1. I områderne omkring Jyske Rev / Lille Fiskerbanke, langs den jyske vestkyst og i Horns Rev området er de akustiske data verificeret gennem oplysninger fra grab prøver og andre overfladeprøver suppleret med boringer. I de øvrige områder er en sådan verifikation begrænset af et fåtal af prøver. Tætheden af prøvepositioner fremgår af figur 2. Der er i forbindelse med kortlægningen foretaget en vurdering af den seismiske dækningsgrad samt tætheden af tilgængelige sedimentprøver i form af grab- eller boreprøver.

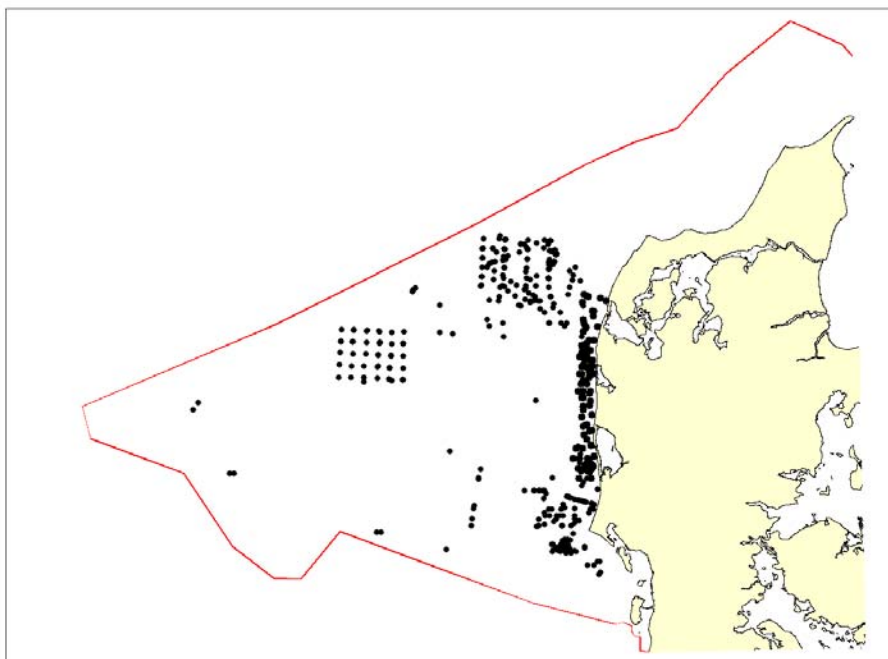
Sidescan systemet udsender et vifteformet strålebundt (swath) på tværs af sejltreningen. Disse rammer et begrænset udsnit af havbunden, typisk nogle få hundrede meter. Det er indlysende at afstanden mellem sejllinjerne er afgørende for sedimentkortets konfidens, idet den bagved liggende tolkningsproces bygger på interpolation mellem tolkningerne af de enkelte sidescan linier. En stigende tætheden af sejllinier betyder derfor en mere præcis opdeling af havbunden i specifikke sedimentklasser og naturtyper og en øget konfidens, for hvad angår afgrænsningen af disse. En rapport fra CEFAS (Boyd et al., 2005) præsenterer resultaterne fra et storskala studie med sidescan sonar på vanddybder mellem 10 og 30 m. Studiet viser, at ved en generel swath bredde på 400 m og variable linieafstande på 4, 2 og 1 km er havbunden arealmæssigt repræsenteret ved hhv. 18, 33 og 57%, hvilket betyder at kortlægningen af havbundens sedimenter og/eller naturtyper beror på en tolkning af hhv. 82, 66 og 43% af det samlede areal. Man kan konkludere, at en øgning af linieafstanden fra 4 km til 1 km resulterer i en forbedring i opløsningsgraden af havbundstyper (konfidensen) baseret på tolkning fra lav til god svarende til en faktor 3. Ved en fuldt dækkende akustisk kortlægning, øges forbedringen med en faktor 5.

Grundlaget for nærværende udpegning af habitatområder er baseret på akustiske datasæt med linieafstande i større områder på op til mellem 5 og 10 km. Det er indlysende, tolkninger af havbundstyper baseret på så store linieafstande resulterer i en lav konfidens, idet interpolationen ikke kan tage hensyn til eventuelle variationer imellem linierne. Yderligere er den anvendte swath bredde ikke som i CEFAS studiet 400m men snarere 200-300 m.

Sedimentprøverne, der har været anvendt i tolkningsarbejdet, er udtaget i forbindelse med flere forskelligartede projekter. Ikke alle prøvepositionerne repræsenterer seismiske/akustiske sejlínier, men informationen fra sedimentprøven har på trods været anvendt som støtte i interpolations processen. Boreprøverne er placeret med henblik på at verificere seismiske enheder under havbunden men har dog på lige fod med de øvrige sedimentprøver været værdifulde som dokumentation af bundtypen.



Figur 1: Oversigt over GEUS' maringeologiske data i den danske del af Nordsøen.



Figur 2. Alle positioner for GEUS' sedimentprøver i Nordsøen.

3.1 Fysiografiske data anvendt til marin habitatkortlægning

Havbundens fysiografiske forhold (geologi, sedimenter/bundtype og bathymetri/morfologi) har en betydelig indflydelse på de biologiske bundsamfunds fordeling og variationen og dermed de arter samfundene karakteriseres af (f.eks. Day & Roff, 2000). Det praktiske ved denne kobling er, at de fysiografiske forhold som oftest er lettere tilgængelige end både de tilsvarende biologiske og oceanografiske forhold. Habitatkortlægningen må således baseres på en viden om den geologiske udviklingshistorie og sedimenter som bagvedliggende processer for fordelingen af havbundssedimenterne i Nordsøen fulgt op af undersøgelser af naturtypernes biologiske kvalitetselementer herunder forekomst af karakteristiske arter.

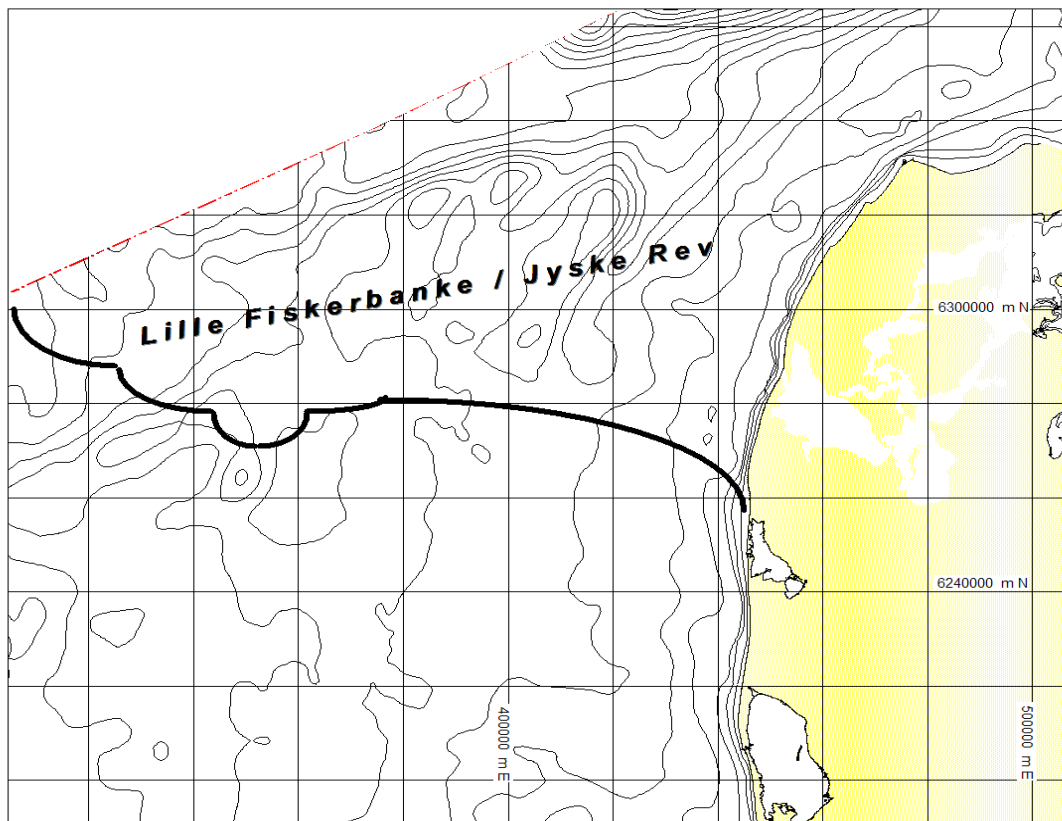
Overordnet kan der i den geologiske terminologi skelnes mellem akkumulations-, erosions- og transportbund. Akkumulationsbunden består af sedimenter aflejret i det recente hav, hvor sedimenterne primært er aflejret som følge af bølge- og strømkraft. Dyndområder er overvejende akkumulationsområder. Erosions- eller transportbund angiver områder, hvor sedimentdækket fra det nutidige hav er tyndt (få decimeter) eller manglende, så ældre lag stikker op i havbunden. Sammensætningen af de ældre lag afspejler ikke de nuværende aflejningsforhold. De ældre lag er dog som regel dækket af et tyndt lag af grove erosionsprodukter – residualsedimenter – blandet med nutidige havbundsaflejringer og skaller. Eksempelvis findes der ofte sten, grus og groft sand udvasket af moræner vekslede med tynde banker af rent velsorteret sand i de bundområder på bundtypekortet, der er angivet som "residualbund på moræne". Det er karakteristisk at bundtypen veksler inden for korte afstande.

I de følgende afsnit gennemgås de fysiografiske forhold for det kortlagte område, inklusiv en beskrivelse af baggrundsdata for bearbejdningen.

3.2 Den geologiske historie

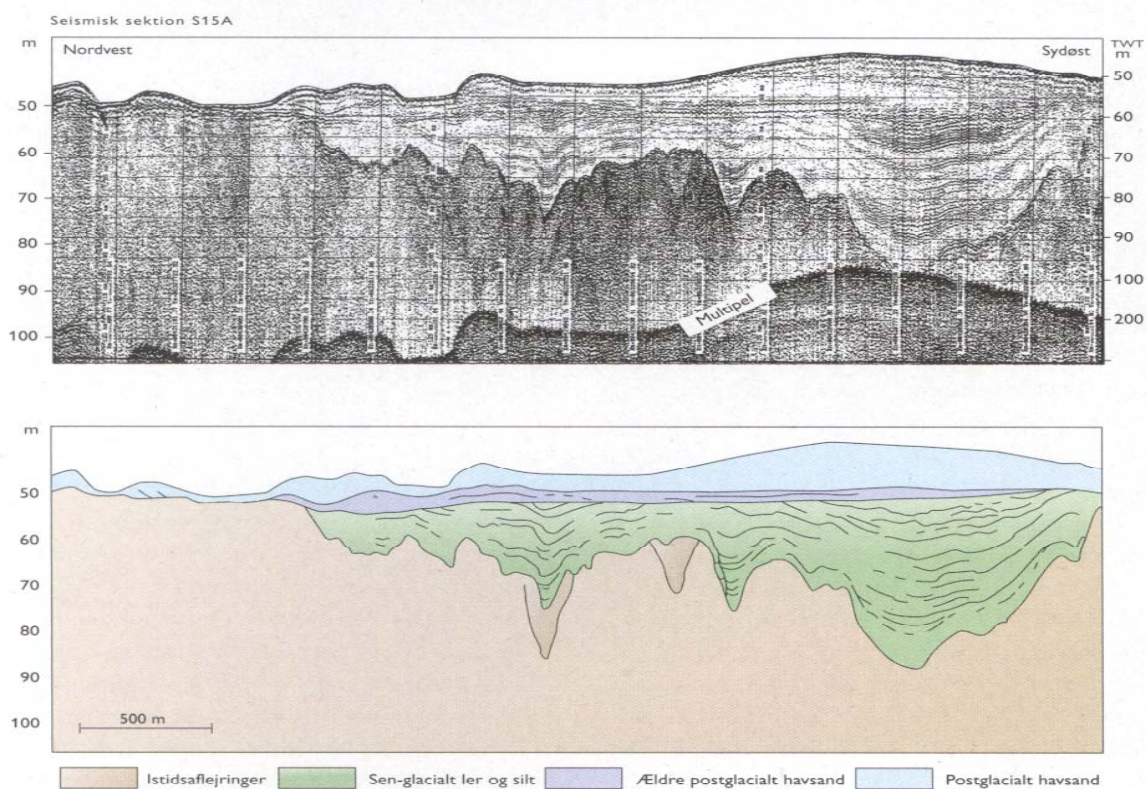
Den aktuelle fordeling af havbundssedimenter og naturtyper i Nordsøen afspejler bevægelsen og udbredelsen af isen under sidste og forrige istid samt de efterfølgende afsmeltningfaser med dertilhørende aflejringer af smeltevandssedimenter. I det følgende beskrives havbundens overordnede geologiske opbygning fra nord til syd for den østlige del af Nordsøen vedkommende.

Påvirkningen fra den sidste istids gletschere (glaciationen) er begrænset til området fra Jyske Rev / Lille Fiskerbanke og nord over (figur 3).



Figur 3. Grænsen for den maximale udbredelse af isen under den sidste istid. Nord for denne linie præges havbunden af hårbundsarealer/rev bestående af grusede og stenede sedimenter.

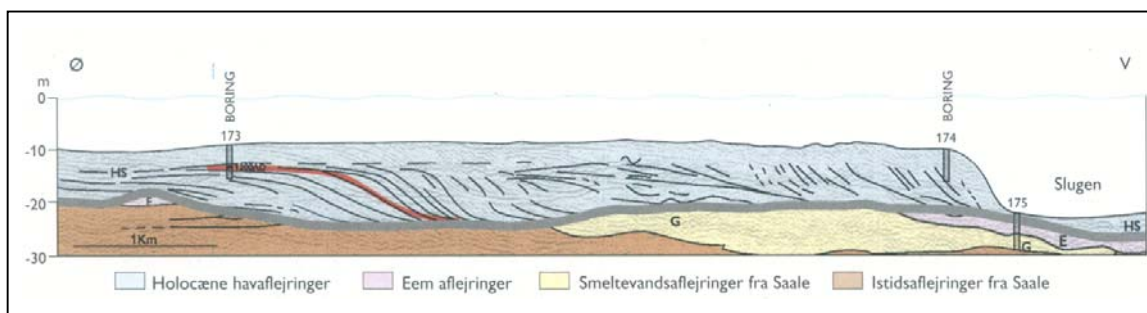
I det område, som har været isdækket, består havbunden af et tykt dække af glaciale sedimenter. Moræneaflejringer fremstår mange steder direkte på havbunden som grusbund og stenrev. Materiale fra glaciationen ses ikke kun i form af aflejringer fra den postglaciale periode men fortsætter i dag, idet både havbunden og de tilstødende landområder er udformet af ukonsoliderede glaciale sedimenter, der virker som sedimentkilder for de udbredte sandbankeområder på havbunden især i den østlige del af Nordsøen. Figur 4 viser et karakteristisk geologisk profil af havbunden fra dette område, hvor forekomsten af udstrakte sandbanker tydeligt fremgår.



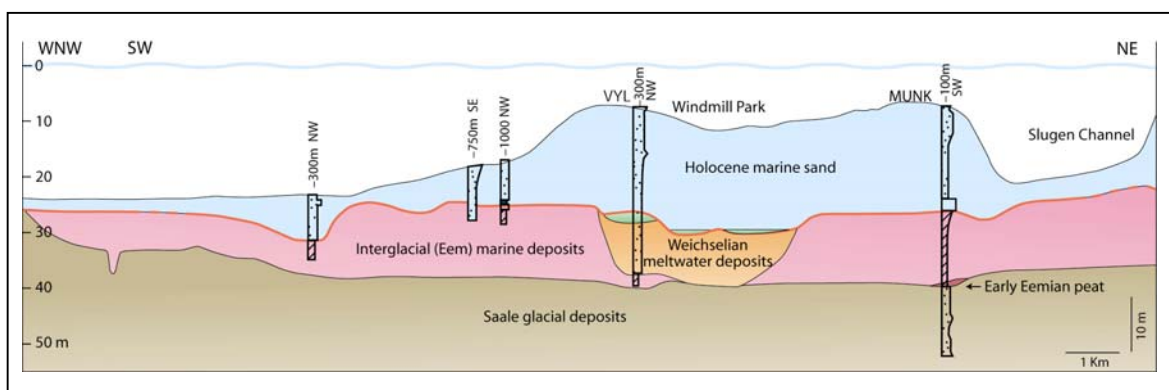
Figur 4. Et ca. 4 km langt snit gennem havbunden fra området umiddelbart nord for Jyske Rev. Den øverste lyseblå enhed udgør en sandbanke af marint sand med en lagtykkelse på minimum 8 m. Bemærk de dybt nedskårne smeltevandsdale i underlaget. Fra Leth 2003.

Opbygningen af havbunden mellem Jyske Rev / Lille Fiskerbanke og Horns Rev præges dels af fladt liggende lag af smeltevandsaflejringer ført hertil fra store smeltevandsfloder, der i slutningen af sidste istid drænedes det jyske landområde, dels af glaciale hårbundsaflejringer/rev fra moræneaflejringer – de såkaldte bakkeøer – afsat under den forrige istid. Henover og omkring disse aflejringer findes ingen eller kun tynde lag af marint sand fra postglacial tiden. I den kystnære del findes dog akkumulationer af sandede aflejringer i form af mobile bundformer.

Underlaget for Horns Rev området præges derimod overvejende af smeltevandsedimenter fra slutningen af den forrige istid (Saale-istiden) og marine sedimenter fra den efterfølgende mellemistid (Eem-mellemistiden). Oven på disse lag findes op til 20 m tykke sandbanker af marint sand fra Holocæne eller nutiden, dvs. materiale efter afslutningen af den sidste istid, Weichsel-istiden for ca. 10.000 år siden (se figur 5 og 6). Også området nord for Horns rev består af sandbanker, dels Vejers Flak og dels en sandbanke der strækker sig fra det ydre Horns Rev nordover. Begge disse områderrepræsenterer vanddybder på mellem 10 og 20 m.



Figur 5. Tolket seismisk snit gennem Horns Rev indre del vest for Blåvandshuk (profil linie A i figur 11), der viser at der foregår en stadig pålejring og udbygning af banken i retning af Slugen. Fra Larsen (2003).



Figur 6. Geologisk tværsnit af Horns Rev ydre del set fra sydvest mod nordøst (profil linie B i figur 11). Ovenpå et relativt fladt underlag af ældre sedimenter ses veludviklede sandbanke af marint sand. Fra Leth et al. (2003).

Havbunden i sydligste del af Nordsøen, dvs. mellem Horns Rev og den dansk-tyske territorialgrænse, er geologisk set opbygget som havbunden mellem Horns Rev og Jyske Rev.

3.3 Baggrundsmateriale og datakilder

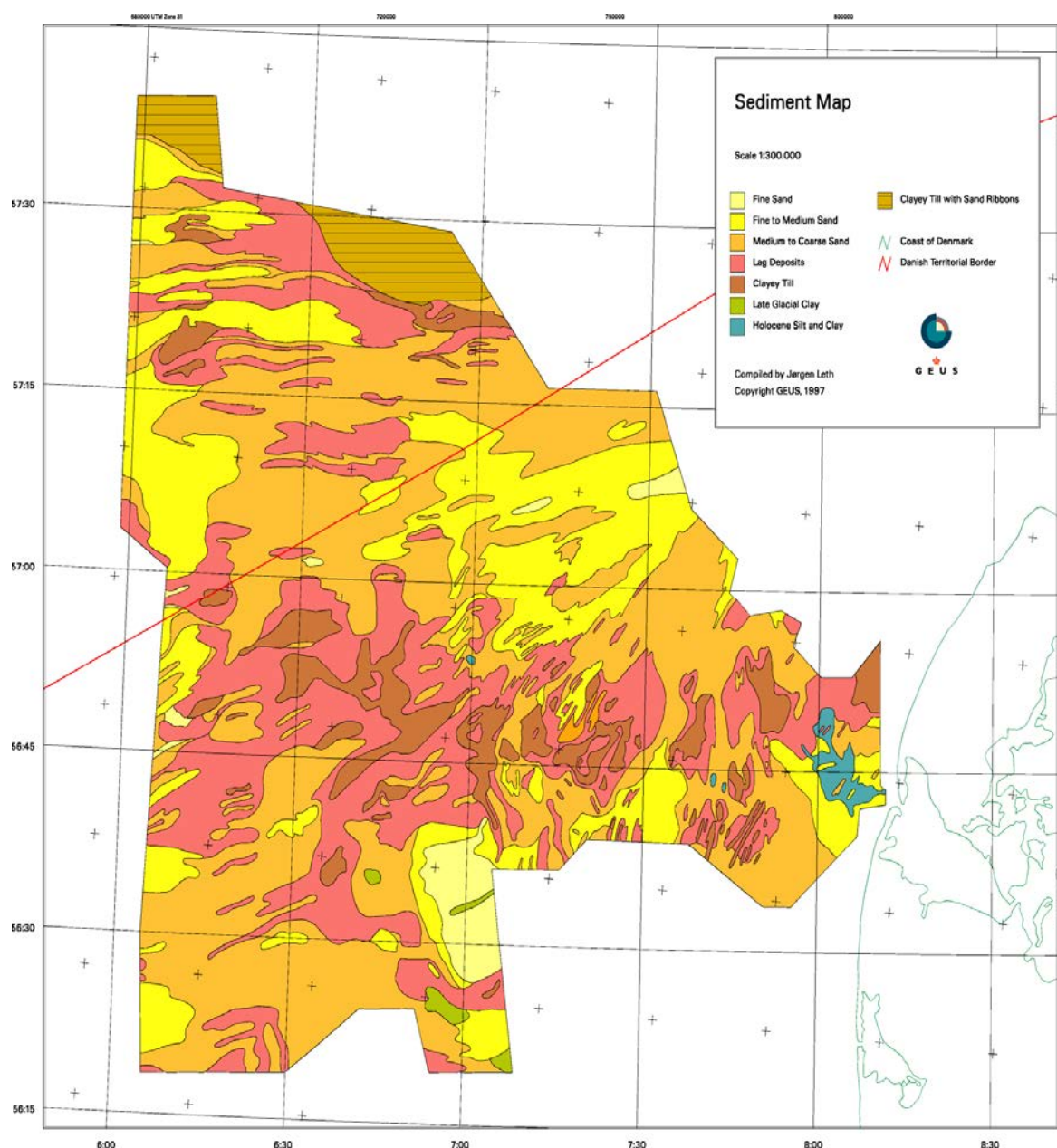
Baggrundsmaterialet for bestemmelsen af havbundens sedimenter indenfor det kortlagte område har sin oprindelse fra flere datakilder. GEUS har i 2000 publiceret et digitalt kort over den generelle fordeling af havbundssedimenter omkring Danmark (tilsigtet målestok 1:500.000) (GEUS Rapport 2000/68). For Nordsøens vedkommende indeholder kortet dog kun oplysninger om havbundens sedimenttyper i området øst for 8° østlig længde inklusive danske og tilgrænsende farvande mod Norge og Tyskland (se kortbilag 1). Kortet er for Nordsøens vedkommende hovedsagelig baseret på maringeologiske undersøgelser udført af Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og Geoteknisk Institut. Der er desuden anvendt upublicerede data fra bl.a. Hollands Havforskningsinstitut/NIOZ og Geoscandic A/S. I den danske del af Nordsøen er sedimentkortlægning, men er en sammenstilling af data og kort udført i forbindelse med maringeologisk efterforskningen for sand og grusressourcer, miljøundersøgelser eller biologiske studier.

Systematiske kortlægninger af havbundssedimenterne i større detaljeringsgrad end sedimentkortet udtrykker, er dog gennemført af GEUS i 3 delområder:

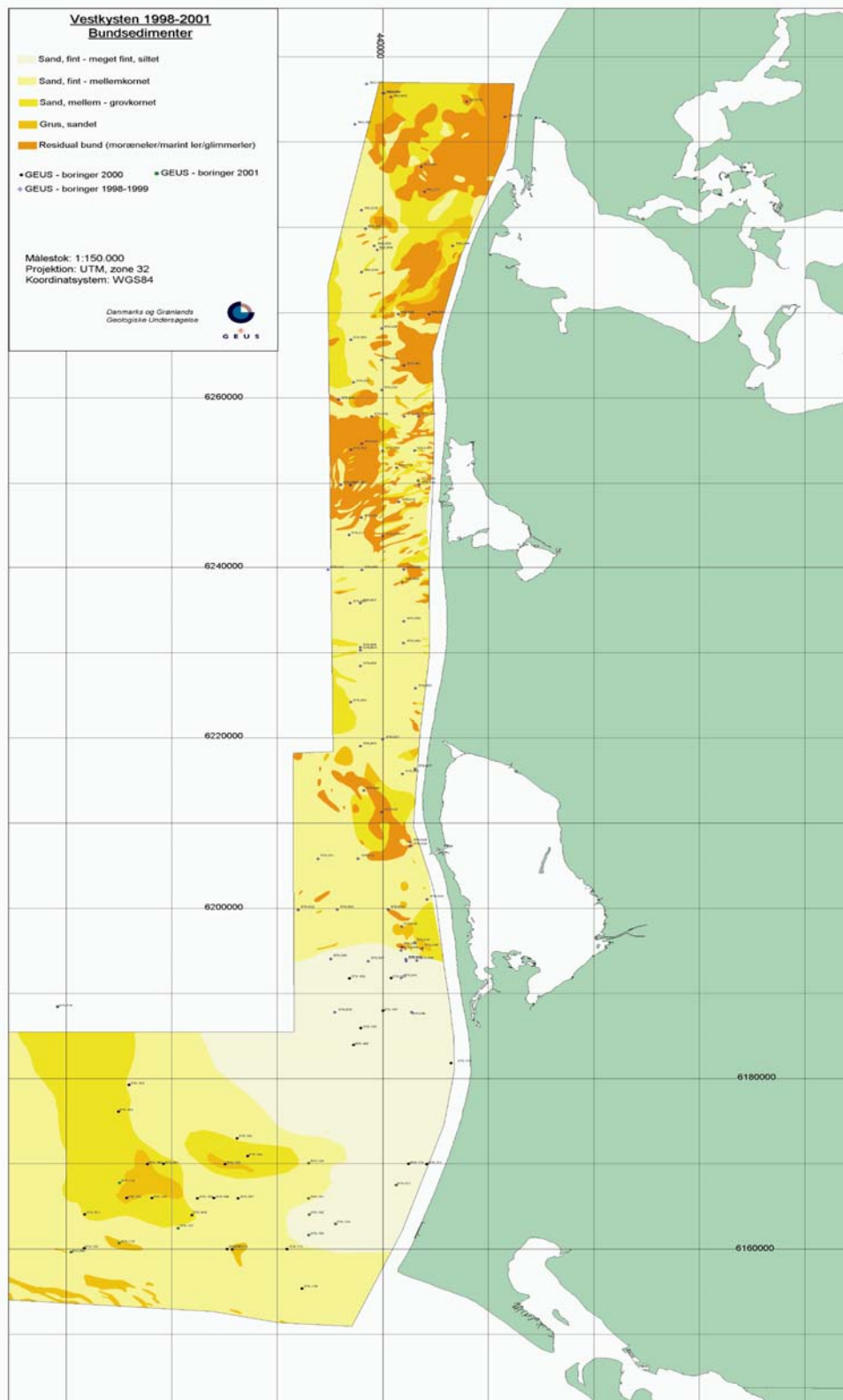
- 1) Jyske Rev / Lille Fiskerbanke (figur 7) og er bl.a. publiceret i Leth (1998), GEUS Rapport 2000/43 samt i Leth (2003). Kortlægningen bygger på maringeologiske data indsamlet af GEUS i perioden 1991 – 2000.
- 2) Kystzonen mellem Lodbjerg og Blåvandshuk (figur 8) publiceret i GEUS Rapport 1999/75, 2001/22 og 2001/111.
- 3) Horns Rev området (figur 8) publiceret i GEUS Rapport 2001/96 og 2001/111.

Kortlægningen af delområderne 2) og 3) gennemførtes i et samarbejde mellem Kystdirektoratet og GEUS i perioden 1998 – 2001. Resultaterne er publiceret i GEUS Rapporterne 1999/75 og 2001/111 samt for Horns Rev området i GEUS Rapporterne 2001/22 og 2001/96 samt i Larsen (2003).

I de øvrige områder bygger kortlægningen hovedsagelig på nytolkning af shallow seismiske og sidescan sonar data indsamlet i perioden 1997 – 2000 i samarbejde mellem GEUS, Farvandsvæsenet, Århus Universitet og Søværnet med fartøjerne "Gribben" og "Flyvefisken".



Figur 7. Fordelingen af havbundssedimenter i Jyske Rev og Lille Fiskerbanke området. Det fremgår, at den centrale del af området er præget af glaciale aflejringer (brun = moræner; rød = grusede restsedimenter udvasket af morænen). Begge antages at være revdannende bundtyper. Fra Leth (1998).



Figur 8. Fordelingen af havbundssedimenter i kystzonen langs den jyske vestkyst. Bundtypen "residual bund" omfatter bl.a. hårbundsarealer/rev med sten- og grusbund i områder med glaciale sedimenter fra den forrige istid. Fra Leth et al. (1999).

Bundtypen sand er vidt udbredt på det danske havområde og dækker over en række forskellige aflejringsmiljøer, der omfatter erosionsområder, hvor senglaciale smeltevandsaflejringer og fossile postglaciale kystdannelser er blotlagt på havbunden, den nutidige bølgedominerede zone og marine dynamiske områder, hvor strømbetinget transport dominerer, eller hvor et tyndt sanddække findes i erosionsområder. Sandbunden består af løse korn med diametre mellem 2 mm og 0.04 mm så de enkelte korn kan ses uden lup. Middel- til finkornet sand er langt det almindeligste. De øvre 5-20 cm af sandbunden omlejres jævnligt af de bundstrømme, der sættes op af bølgerne ned til ca. 50 meters dybde i dele af Nordsøen. På grund af den hyppige omlejring er sandet som regel meget velsorteret med kun lidt finkornet materiale og organisk stof. Overfladen af sandbunden er tit udformet som strømrubber orienteret af den sidste storm i området.

3.4 Råstofundersøgelser

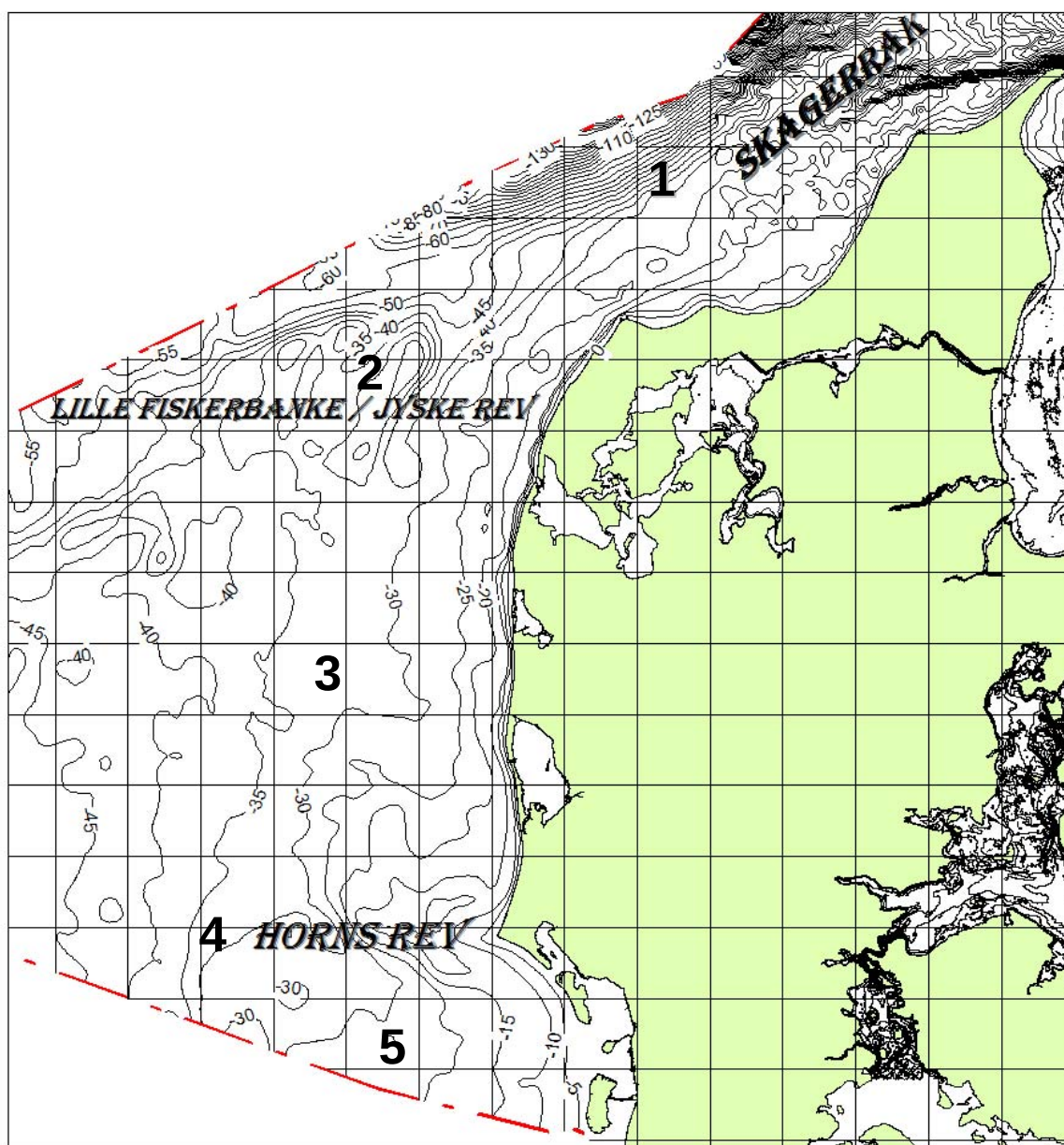
Størstedelen af de udførte geologiske undersøgelser i de danske farvande er foretaget med henblik på kortlægning af marine råstoffer. I modsætning til de systematiske råstofkortlægninger i de indre danske farvande er de råstofrelaterede geologiske undersøgelser i den danske del af Nordsøen begrænset til tre delområder, Horns Rev og Jyske Rev og området sydvest for Horns Rev (område 582). Råstofundersøgelserne på Horns Rev blev startet i 1982 (Fredningsstyrelsen, 1982a, b) og revurderet i 1993 (DGU, 1993). Råstofundersøgelserne på Jyske Rev blev foretaget i 1990'erne og er rapporteret i GEUS' rapportserie. Materialet er udarbejdet ved hjælp af GIS informationssystemet MapInfo og ressourceområdernes fordeling er angivet som vektoriserede arealer. Evalueringer af ressourcerne på det samlede danske havområde inklusiv Nordsøen er publiceret i GEUS Rapporterne 1998/76 og 1998/129.

3.5 Dybdeforhold og morfologi i Skagerrak og Nordsøen

Ændringer i havbundens bathymetri og relief kan have en udpræget indflydelse på habitater. Områder med højt relief vil ofte være præget af høj biomasse og biodiversitet. Relieffet kan ligeledes have indflydelse på strømningsmønstret for hvad angår retningen af tidevandsstrømme og bølger som videre vil kunne præge både erosion og aflejring og derved udformningen af substratet. Dybdemodellen udviklet af Danmarks Miljøundersøgelser på basis af Farvandsvæsenets dybdedata i de indre danske farvande dækker endnu ikke i Skagerrak og Nordsøen. De generelle dybdekurver anvendt i denne rapport er sammensat på grundlag af to forskellige datasæt. De tilgængelige dybdedata fra Farvandsvæsenet og dybdedata indsamlet af GEUS i forbindelse med egne maringeologiske opmålinger er af GEUS's GIS eksperter kombineret i ARCVIEW til et sæt af dybdekurver med 5-meters dybde interval dækkende Skagerrak og Nordsøen (figur 9). Den dybeste del af Skagerrak nord for Skagen er dog ikke inkluderet i nærværende rapport. Datasættet er på nuværende tidspunkt det bedst egnede sæt af tilgængelige regionale dybdekurver. Dybdekurverne er kun beregnet til en generel angivelse af dybdeforholdene og kan således ikke benyttes til at gengive detaljer.

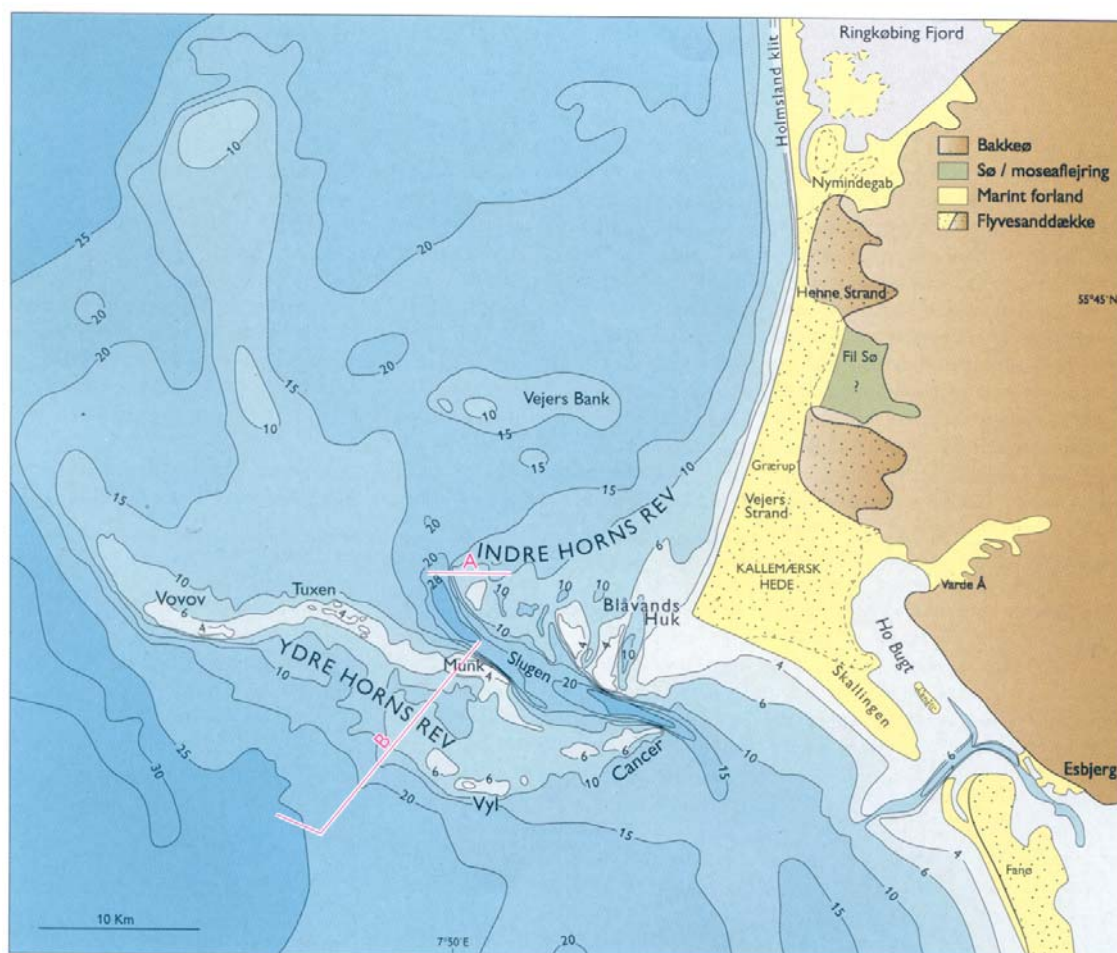
Det kortlagte område af Nordsøen kan overordnet karakteriseres i 5 delområder med hensyn til bathymetri og relief (figur 9).

Det nordligste delområde 1 er karakteristisk ved dets beliggenhed mellem et område med relativt lavt relief (Jyske Rev / Lille Fiskerbanke) og skråningen til Skagerrak med vanddybder over 100 m. Delområde 2 Jyske Rev / Lille Fiskerbanke kan karakteriseres som et højrelief område med vanddybder varierende mellem 15 og 45 m. Relieffet skyldes dels at moræneaflejringer dukker frem i havbunden, dels tilstedeværelsen af udstrakte sandbanker på nordsiden af Jyske Rev / Lille Fiskerbanke (se figur 4). Delområde 3 mellem Jyske Rev / Lille Fiskerbanke og Horns Rev, samt i delområde 5 mellem Horns Rev og den dansk/tyske territorialgrænse, er havbunden generelt flad med en svag hældning fra øst mod vest.



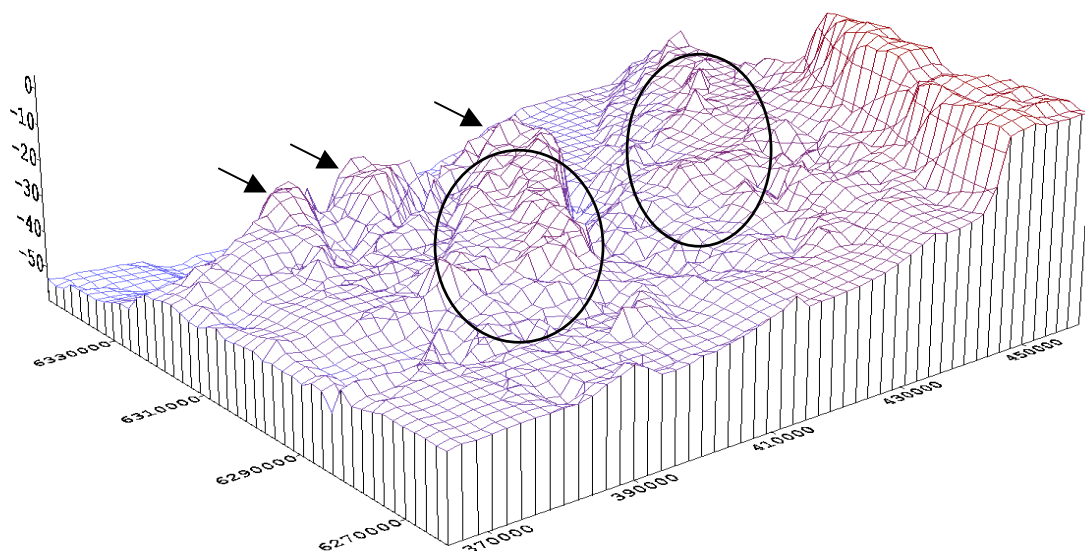
Figur 9. Generel bathymetri i den østlige del af det danske Nordsøområde. Delområder med karakteristisk relief er markeret på figuren. Se beskrivelser i teksten.

For Horns Rev, delområde 4, har der været grundlag for, at konstruere et mere detaljeret dybde grid. Dybdedatabasen består af de digitaliserede dybder af søkortets dybdekurver kombineret med GEUS's egne dybdemålinger fra de maringeologiske opmålinger (ikke tidevandskorrigeret). Resultatet fremgår af figur 10.



Figur 10. Dybdeforholdene for Horns Rev. Opbygningen af det indre og det ydre Horns Rev er illustreret ved profil A og B, der er vist i figur 5 og 6 i denne rapport. Vejers Banke og sandbanken, der strækker sig mod nord fra det ydre Horns rev, udgør sammen med selve Horns Rev sandbanker på vanddybder under 20 m. Fra Larsen (2003).

For Jyske Rev er der konstrueret et detaljeret dybdekort på baggrund af et omfattende sæt af dybdedata indsamlet i forbindelse med GEUS' egne maringeologiske opmålinger. Dybdedataene er behandlet i programmet SURFER resulterende i et dybdekontur interval på 10 m. På figur 11 nedenfor er de konturerede dybdedata præsenteret i 3D.



Figur 11. Konstruerede dybdekurver for Jyske Rev kontureret på basis af GEUS' egne dybdemålinger. Snittet ses fra sydvest med overhøjning. Pilene indikerer tilstedeværelsen af sandbanker. Cirklerne indikerer områder med stenrev. Efter Leth (1998).

3.6 Hydrografiske forhold og bundformer

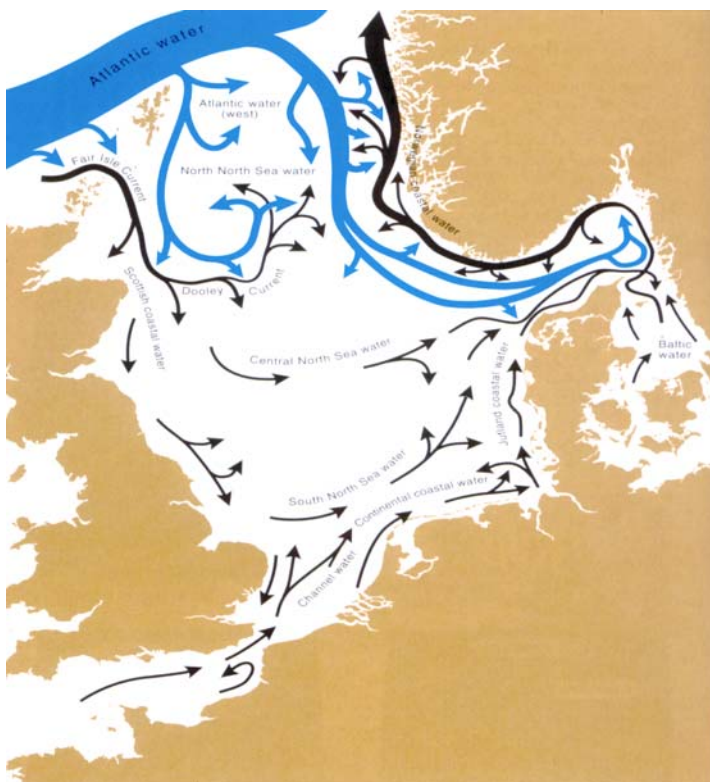
De hydrografiske forhold og tilstedeværelsen af dynamiske bundtyper har ligesom sedimenttypen en dominerende indflydelse på de bentiske samfund. Sediment mobilitet og transport afhænger af strømhastigheden og kornstørrelsen. Bundstrøm kan forme sedimentet til bundformer som f.eks. ribber, sandbølger og sandbanker. Miljøer med mobile bundformer vil som oftest give sig udslag i både mindre artsrigdom og mindre biomasse sammenlignet med områder med stabil hård- eller blødbund. Det er således relevant at kortlægge disse områder og at forstå strømningsmønstrene med henblik på at inddrage denne viden i vurderingen af naturtyperne. I præsentationen af resultater fra den aktuelle kortlægning findes en separat MapInfo-tabel, der viser de områder, hvor enkeltstående eller sammensatte mobile sandede bundformer er blevet lokaliseret (sandbølger og sandbanker med dimensioner af den enkelte bundform i størrelsesordenen: længde = 100 – 800 m; højde = 2 – 8 m).

Cirkulationsmønstret i den østlige del af Nordsøen er bestemt af den overordnede cyklone cirkulation, der styres af indstrømningen af atlantisk vand fra syd og nordvest sammen med Coriolis kraft (se figur 12). Specielt interessant, set med danske øjne, er den østligste del af Nordsøen, hvor det salte atlantiske vand opblandes med det mindre salte vand i den sydlige Nordsø og danner Den Jyske Kyststrøm. Strømmen kan beskrives som et område i den østlige del af Nordsøen, der pga. specielle hydrografiske forhold (høj tidevandshastighed, lav vanddybde, temperatur- og salinitetsforskelle) giver et veldefineret strømningsmønster (Bolding, 1991). Alene på baggrund af registrering og karakterisering af bundformer kan bundstrømhastigheden for Den Jyske Kyststrøm fastlægges til mindst 70-100 cm/sek.

(Otto et al. 1990; Kuijpers et al. 1993 og Leth, 1998). Endnu højere bundstrømshastigheder for Den Jyske Kyststrøm på mellem 100 og 150 cm/sek. er dog rapporteret af Fonselius (1990) og målt af Kystdirektoratet (pers. kommunikation).

Den dannende kraft, bundstrømmen, der er en kombination af tidevandsgenereret strøm og meteorologisk strøm (vind og lufttryk), varierer kraftigt henover området. Området nord for Jyske Rev er i mindre udstrækning tidevandspåvirket (tidevandsamplitude < 1 m), hvorfor bundformerne i højere grad afspejler en meteorologisk genereret strøm.

De større bundformer i den danske del af Nordsøen, dvs. sandbanker (som illustreret i højre del af profilet på figur 4), kan enten betragtes som *"gamle former"*, der blev dannet i den tidligere del periode af Postglaciertiden med lavere havspejl og kraftigere tidevandsstrøm end i dag, eller *"aktive former"*, der er dannet og opretholdt af det recente strømsystem (Leth, 1998). Det kan ofte være svært at skelne de to former fra hinanden, men generelt har de aktive former en sammensat struktur, der giver sig udslag i tilstedeværelsen af mindre bundformer på toppen af de større. Den kritiske bundstrømshastighed for at opretholde formen på aktive sandbanker er 50 cm/s. Hældningen af de aktive formers skråning er generelt i størrelsesordenen 6° i modsætning til de *"gamle"* formers hældning på omkring 1°. Oftest er det den sidste storm begivenhed og dennes maksimale strømshastighed, der afspejles i de aktive former. For at kunne vurdere dynamikken indenfor en specifik naturtype er det således være relevant at skelne gamle og aktive former fra hinanden, da man kan forvente ændringer i bundtypen selv over kortere tidsperioder.



Figur 12. Skematisk figur af det overordnede cirkulationsmønster i Nordsøen. Efter Turrell et al. (1992).

Al tilgængelig information om sandede bundformer indenfor det kortlagte område er indsamlet og tolket for efterfølgende at være blevet samlet i en separat MapInfo tabel (sandwave field).

3.7 Vurdering af datagrundlaget

Kortlægningen af naturtyperne er primært baseret på seismiske data og i mindre udstrækning på sedimentprøver fra GEUS' data arkiver (figur 1 og 2). Desuden har den tilgængelige litteratur i form af publicerede afhandlinger og rapporter været anvendt. GEUS' data er primært indsamlet som baggrundsmateriale for kortlægning af den overfladenære geologi, bundtyper og råstofressourcer og ikke decideret til brug for kortlægningen af naturtyper. Dette forhold sætter nogle begrænsninger for anvendeligheden af datagrundlaget, hvilket er taget i betragtning under bearbejdningen. Den seismiske dækningsgrad er generelt ringe, idet afstanden mellem sejllinier i store områder ofte er 10 km. Antallet af prøvepositioner til verifikation af de seismiske og akustiske tolkninger er for nuværende ganske begrænset. Disse forhold tilsammen betyder, at de kortlagte naturtypers afgrænsning således ikke kan betragtes som endegyldige, men dog som et kvalificeret skøn baseret på baggrund af den nuværende faktuelle viden. Det fremlagte kortmateriale vil være genstand for løbende revision i takt med at nye data kommer til.

Afgrænsningen af *"rev estimeret på baggrund af sporadiske data"*, bygger på data rapporteret i Energistyrelsen (1980). Baggrundsdata for dette kortmateriale er for stenområder (uren grund empirisk hentet fra "Fishery Charts" 5540, 5506 5604 og 5606. Nøjagtigheden af disse kort skal yderligere tages med et vist forbehold pga. konvertering mellem Mercator og UTM projektionen.

Datamaterialet fra den vestligste del af den danske Nordsø har ikke på nuværende tidspunkt været tilstrækkeligt til at gennemføre en udpegning af naturtyper. Resultaterne der præsenteres i denne rapport er overordnet set begrænset til området øst for 6° østlig længde (se kortbilag 1).

4. Resultater

I dette projekt er der for den offshore del af Nordsøen og Skagerrak foretaget kortlægning af 3 marine naturtyper indeholdt i Habitatdirektivets Annex 1:

- Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand, hvor vanddybden sjældent overstiger 20 m. (Natura 2000 code 1110).
- Rev i form af stenede eller biogene formationer som hæver sig fra havbunden. (Natura 2000 code 1170).
- Undersøiske formationer forårsaget af udstrømmende gas (boblerev) (Natura 2000 code 1180).

Kortlægningen i dette projekt har fundet sted efter de opdaterede retningslinier for marine habitaters definitioner af maj 2005 (se forord) for de 3 relevante habitattyper.

4.1 Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand

Som tidligere anført er den danske Nordsø præget af glaciæle sedimenter, som delvist er modificeret af postglaciæltidens relative havniveauændringer og vandcirkulationen i Nordsøen. Disse forhold har resulteret i dannelsen af omfattende områder, hvor havbunden består af sand.

Kortlægningen *sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand* følger definitionen fra "Marine Guidelines" af maj 2005, der også omfatter den offshore del:

Definition:

"Sandbanks are elevated, elongated, rounded or irregular topographic features, permanently submerged and predominantly surrounded by deeper water. They consist mainly of sandy sediments, but larger grain sizes, including boulders and cobbles, or smaller grain sizes including the mud may also be present at the sandbank. Banks where sandy sediments occur in a layer over hard substrata are classed as sandbanks if the associated biota are dependant on the sand rather than on the underlying substrata."

Clarification:

"Slightly covered by sea all the time" means that above a sandbank the water depth is seldom more than 20 m below chart datum. Sandbanks can, however, extend beneath 20 m below the chart datum and it is appropriate to include in designations

such areas where they are part of a feature. Such features may have trans-frontier dimension.

4.1.1 Kortlægningsmetodik

I geologisk sammenhæng er sand defineret ud fra kornstørrelsen som normalt er defineret ved intervallet 0.06 – 2,0 mm (Folk, 1954 og Folk & Ward, 1957).

Sandbundtyperne kortlagt udenfor de publicerede kort er kun i mindre udstrækning baseret på sedimentprøver, men derimod på tolkning akustiske data. Klassificeringen i sedimentklasserne på de anvendte bundtypekort er også primært et resultat af tolkninger af seismiske/akustiske data kalibreret på grundlag af tilgængelige sedimentprøver og ekstrapoleret ud i området, med den usikkerhed der måtte opstå i den forbindelse. Ved afgrænsningen af sandbankerne har havbundens dybdeforhold og morfologi været vurderet.

I relation til habitatdirektivets definition af sandbanker opfyldes kriteriet for "lavvandede" kun på enkelte lokaliteter i det danske offshore område (se kortbilag 1). Der er dog i Jyske Revs centrale del udpeget områder bestående af grusede og sandede sedimenter og/eller områder, hvor tynde sandlag findes som dække over et hårdt (moræne) underlag. I Horns Rev området findes der, som beskrevet i afsnit 3.2 i denne rapport, flere større sammenhængende områder karakteriseret som sandbanker.

4.2 Rev

Habitatdirektivets definition på naturtypen Rev er ikke dækkende for alle danske hårdbundstyper, men omfatter alene typer, hvor de karakteristiske stenede eller biogene formationer hæver sig fra den omgivende havbund med en ubrudt zonation af plante- og dyresamfund. For at understrege vigtigheden af denne habitattype offshore og for at alle de forskellige eksisterende typer af rev i EU's havområder er definitionen af "Reef" blevet præciseret i "Marine Guidelines" af september 2005 til følgende:

Definition:

"Reef can be either biogenic concretions or of geogenic origin. They are hard compact substrate on solid and soft bottoms, which arise from the sea floor in the sublittoral and littoral zone. Reefs may support a zonation of benthic communities of algae and animal species as well as concretions and coralline concretions"

Clarification:

- ***Hard compact substrate is rocks (including soft rock e.g. chalk) boulders and cobbles, generally > 64 mm in diameter.***

- **Biogenic concretions are defined as: concretions, encrustations, coralline concretions and bivalve mussel beds originating from dead or living animals, i.e. biogenic hard bottom supply habitats for epibiotic species.**
- **Geogenic origin means: reefs formed by non-biogenic substrata.**
- **Arise from the seafloor means: the reef is topographically distinct from the surrounding seafloor.**
- **Sublittoral and littoral zone means: the reefs may be extended from the sublittoral uninterrupted into the intertidal (littoral) zone or may only occur in the sublittoral zone, including deep water areas such as the bathyal.**
- **Such substrata that are covered by a thin and mobile veneer of sediment are classed as reefs if the associated biota is dependant on the hard substratum rather than the overlying sediment.**
- **Where an uninterrupted zonation of sublittoral and littoral communities exists, the integrity of the ecological unit should be respected in the selection of sites.**

A variety of subtidal topography features are included in this habitat complex such as: hydrothermal vents habitats, sea mounts, vertical rock walls, horizontal ledges, overhangs, pinnacles, gullies, ridges, sloping or flat bed rocks, broken rocks and boulder and cobble field.

4.2.1 Residualbund på moræne

Moræneaflejringer er afsat af istidens store gletschere og består af meget usorteret sediment spændende fra ler til blokke. Morænen benævnes efter den karaktergivende kornstørrelse, men i de danske farvande er det som oftest moræneler. Morænematerialet kan være aflejret under gletscheren, ved uds melting fra denne eller være uds melting og gledet ned af gletscheren. Da der ikke er forskel på kornstørrelsessammensætningen skelner vi ikke mellem morænetyperne, men moræne aflejret under gletscheren er mere konsolideret, da gletscherens vægt har tynget sedimentet. Områder, hvor der er sket erosion i moræneler, er ofte karakteriseret af spredte store sten, der er vasket ud af morænen. Disse formationer udgør deciderede stenrev ("*Hard compact substrata – boulders and cobbles*").

I erosionsområder eller områder med manglende netto-sedimentation ligger morænelagene mange steder så tæt ved havbunden, at der kun findes et tyndt residual dæklag, der består af lokale erosionsprodukter indeholdende grus, sten og skalstumper sammen med sandet mudder.

Områder med residual-sedimenter er således primært erkendt ud fra, at de overliggende lag er ganske tynde eller mangler, suppleret med erkendelsen af forekomster af sten og grovere sedimenter på havbunden. Denne bundtype falder ind under kategorien "*boulder and cobble fields*".

4.2.2 Kortlægningsmetodik

Kortlægningen af disse bundtyper indenfor det digitale kort over havbundssedimenterne (GEUS Rapport 2000/68) er primært baseret på tolkning af seismiske profiler og side scan sonar data suppleret med spredte overfladeprøver og borer. Kortlægningen af bundtyper udenfor det publicerede kort er baseret på tolkning akustiske/seismiske data med et begrænset antal bundprøver. Informationerne herfra er dog i videst mulig omfang anvendt til verifikation af de akustiske data og efterfølgende ekstrapolation ud i det nærliggende område.

I øvrigt er informationer fra en række videnskabelige artikler og tekniske rapporter benyttet.

4.2.3 Residualbund på prækvartære sedimenter

Sedimentære prækvartære aflejringer findes blottet på havbunden i områder hvor de kvartære aflejringer enten aldrig har været aflejret eller senere er borteroderet. I området fra Jyske Rev mod nord til omkring 6330000 N (UTM zone 32, ED50) på højde med Hanstholm ligger de prækvartære Kridt lag tæt på havbunden bl.a. pga. af opløftning fra dybereliggende saltdiapirer. I et enkelt område er det på de seismiske data konstateret, at kridtlag er fremeroderet direkte på havbunden. Dette område er afgrænset specifikt på habitatkortet som "*Hårbundsarealer/rev af prækvartær Kridt*". Denne bundtype falder ind under kategorien "*hard compact substrate... such as rock/chalk*". Det er sandsynligt at der findes flere af disse områder indenfor regionen, men blot falder udenfor det eksisterende seismiske grid med en relativ stor linieafstand på op til 10 km (se i øvrigt kap. 3).

4.3 Boblerev

Den reviderede definition af "*Submarine structures made by leaking gasses*" skelner i følge de nye definitioner i "*Marine Guidelines*" af maj 2005 mellem de to undertyper, "boblerev" og "pockmarks".

Definition:

Submarine structures consist of sandstone slaps, pavements, and pillars up to 4 m high, formed by aggregation of carbonate cement resulted by microbiological oxidation of gas emissions, mainly methane. The formations are interspersed with gas vents that intermittently release gas. The methane most likely originates from the microbiological decomposition of fossil plant material.

The first type of submarine structure is known as "bubbling reefs". These formations support a zonation of diverse benthic communities consisting of algae and/or invertebrates specialists of hard marine substrates different from that of the surrounding habitat. Animals seeking shelter in the numerous caves further enhance the biodiversity. A variety of sublittoral topographic features is included in this habitat such as: overhangs, vertical pillars and stratified leaf-like structures with numerous caves.

The second type is carbonate structures within "pockmarks". "Pockmarks" are depressions in soft sediment seabed areas, up to 45 m deep and a few hundred meters wide. Not all pockmarks are formed by leaking gases and of those formed by leaking gases, many do not contain substantial carbonate structures and are therefore not included in this habitat. Benthic communities consist of invertebrate specialists of hard marine substrata and are different from the surrounding (usually) muddy habitat. The diversity of the infauna community in the muddy slope surrounding the pockmark may also be high.

4.3.1 Kortlægningsmetodik

Kortlægningen af denne havbundsstruktur er primært baseret på tolkning af side scan sonar data. Lokaliseringen af strukturer er verificeret af oplysninger fra lokale fiskere, der kender området fra opfiskning af cementerede sandstensblokke indenfor dette område. Verifikationen fandt sted ombord på "F/S Dana" i forbindelse med en side scan opmåling af området nord for Jyske Rev og Lille Fiskerbanke i 1996, hvor en repræsentant for fiskerne i Thyborøn, var ombord. Fiskeren oplyste, at *"de lokale bomtrawlere opfisker flager eller skorper af cementeret sand, som garnene kan være fyldte af"*. Fiskerne kalder dem for "Koraller". GEUS har ikke dokumenteret strukturerne med overfladeprøver, men kunne på togtet tydeligt genfinde og afgrænse de af fiskeren forudsagte formationer på side scan optagelserne. Det er på denne baggrund afgrænsningen har fundet sted.

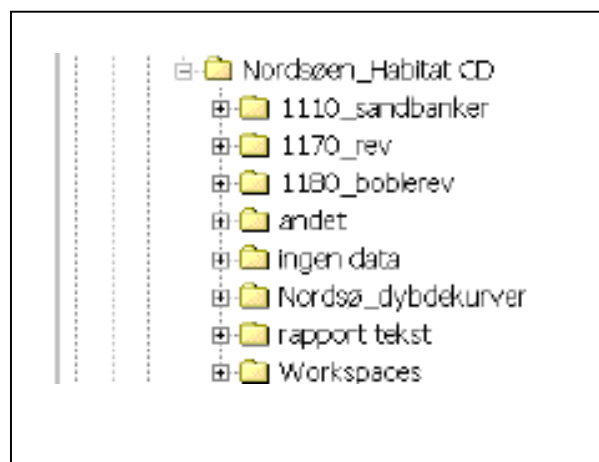
Pockmarks kendes fra talrige områder af havbunden i Skagerrak. På den norske del af Skagerrak er udbredelsen systematisk kortlagt op mod den danske/norske farvandsgrænse. Strukturernes beskrives her som cirkulære eller aflange depressioner i havbunden med diametre fra 50 til flere hundred meter og dybder på op til 16 m. Oprindelsen skyldes enten udsivning af biogenet dannet gas eller udsivning af gas fra dybereliggende ældre bjergarter. Pockmarks kendes også fra den danske del af Skagerrak på vanddybder større end 100 m. I disse tilfælde er der sandsynligvis tale om gasudsivning af biogenet dannet gas. I nærværende kortlægning har der ikke været tilstrækkeligt datagrundlag til at afgrænse deciderede områder med pockmarks, men det kan konkluderes at pockmarks kendes i den danske del af Skagerrak.

5. Basisoplysninger til CD om kortlægning af marine naturtyper

Kortlægningen af de tre naturtyper er foretaget digitalt i MapInfo GIS format og gemt på CD sammen med et antal andre datatyper.

5.1 Filstruktur

CD'en indeholder en overordnet mappe habitat_CD med en række undermapper med MapInfo filerne samt rapportteksten i Word format (Figur 13).



Figur 13. Data CD'ens filstruktur

5.1.1 1110_Sandbanker

NorthSea_sandbanks indeholder de kortlagte områder, hvor "sandbanker" er angivet med en gul farve. Der, hvor sandbanker forekommer på vanddybder under 20 m, er den gule farve yderligere afgrænset af rød farve og benævnt *NorthSea_sandbanks_20m*.

NorthSea_sandy seabed indeholder de sandede havbundstyper kortlagt på baggrund af sporadiske data. Områderne kan indeholde sandbanker, men datagrundlaget er for utilstrækkeligt til, at en afgrænsning af disse kan finde sted.

sandwave field indeholder de afgrænsede sandbølgeområder indenfor områder kortlagt som sandbanker.

5.1.2 1170_Rev

NorthSea_reef indeholder de kortlagte "rev" områder angivet med en blå farve.

Prækvartær indeholder det kortlagte område med Kridt aflejringer angivet med blå ternet signatur.

Sten-uren bund indeholder områder afgrænset på baggrund af sporadiske data angivet med blå prikket signatur. Kan indeholde rev områder.

5.1.3 1180_Boblerev

580_koraller indeholder de kortlagte "boblerev" områder angivet med en grøn farve.

5.1.4 Manglende_information

I den vestlige del af Nordsøen findes der ikke tilstrækkelig information til at kortlægge naturtyperne. Dette areal er digitaliseret og præsenteres med grå farve i filen **Ingen data**.

5.1.5 Andet

Denne mappe indeholder en række basis filer, så som et Danmarkskort **Kyst/Kystf**, afgrænsning af kontinentalsoklen **kontisok**, fil for tilskæring af det kortlagte område **udklip** og forskellige geografiske net samt filer, der benyttes i MapInfo Worksspace filerne.

5.1.6 Nordsø dybdekurver

I denne undermappe findes det anvendte dybdekurvegrid for Nordsøen i 5 m intervaller i filen **nord_kat_ny merge**.

5.1.7 Beskrivelse

Indeholder en digital version af denne rapport **GEUS_habitat-rapport** i Word format.

5.1.8 Workspaces

De kortlagte temaer er præsenteret i et sammensat kort (Workspace i MapInfo), der viser fordelingen af **"1110_sandbanker"**, **"1170_rev"** og **"1180_boblerev"**.

De omtalte workspaces er designet således at de vil kunne åbnes hvis CD-drevet på den anvendte PC har bogstavsbetegnelsen N:.

Hvis CD-drevet er knyttet til en anden drevbetegnelse skal man kopiere workspace filerne over på sin egen harddisk og med en editor erstatte alle N: med den anvendte drevbetegnelse. Derefter vil man kunne åbne de redigerede workspaces.

5.2 Kortteknisk beskrivelse

Dette digitale kort er produceret til anvendelse i målestoksforhold omkring 1:500.000, men på trods af polygonernes lidt grove udseende vil det kunne anvendes i en mindre målestok.

Kortene er vektorgrafiske og består af polygoner, der indeholder oplysninger om naturtyperne 1110 Sandbanker, 1170 Rev og 1180 Boblerev. De digitale kort er velegnet til at integrere med andre GIS-korttemaer og kan ved hjælp af GIS software konverteres til brug i tekst- og billedbehandling.

Kortenes projektion er UTM zone 32. Den anvendte ellipsoide er ED50.

Som kystlinie er anvendt Kort- og Matrikelstyrelsens D500-kystlinien.

6. Litteratur

Rapporter

DGU rapport 1993/1. Råstofundersøgelser i Nordsøen: Jyske Rev, område 562. Seismik. Boringer. Prøveindsamling. 1991 og 1992. Med afgrænsning af potentielle ressourceområder. Udført for Skov- & Naturstyrelsen.

DGU Rapport, 1993/76. Supplerende seismiske undersøgelser i område 524, Horns Rev. Udført for Skov- og Naturstyrelsen.

DGU, 1994. Statnett Cable Route Survey. Danish North Sea. Survey Report. A geological interpretation based on shallow seismic and sidescan sonar data. DGU Service Report no. 47 -1994. Confidential report.

DGU Rapport 1994/47. Geologiske undersøgelser i kabeltrache fra Norge til Tyskland i dansk Nordsø: Side scan sonar, Seismik. Kortlægning udført for Statnett, 1994

Energistyrelsen 1980. North Sea Danish Sector. Geologi and Soil mechanics. Geoteknisk rapport no. 1.

Fredningsstyrelsen, 1982. Horns Rev. Ressourceundersøgelser. Fase 1-4. Geoteknisk rapport nr. 2.

Fredningsstyrelsen, 1982. Horns Rev. Ressourceundersøgelser Fase 5-7. Geoteknisk rapport nr. 3.

GEUS Rapport 1996/112. Statnett Cable Route Survey, Danish North Sea. An assessment of the seabed geology and the sediment transport.

GEUS rapport 1998/76. Evaluering af sand og grus ressourcer på det danske havområde. Del III Bæltregionen; Kattegat Nord, Vestkysten og Bornholm. Bind 1 (2): Tekst og Bilag.

GEUS rapport 1998/76. Evaluering af sand og grus ressourcer på det danske havområde. Del III Bæltregionen; Kattegat Nord, Vestkysten og Bornholm. Bind 2 (2): Bilag.

GEUS Rapport 1998/129. Evaluering af sand- og grusressourcer på det danske havområde: Del IV sammenfattende rapport.

GEUS rapport 1999/75. Geologisk kortlægning af Vestkysten. Regionalgeologisk tolkning af kystzonen mellem Lodbjerg og Nyminddegab.

GEUS Rapport 2000/43. Geologisk kortlægning af Jyske Rev. En tolkning af den geologiske udvikling samt en vurdering af ressourcepotentialer. Udført for Skov- og Naturstyrelsen.

GEUS Rapport 2000/68: Digitalt kort over Havbundssedimenter omkring Danmark. 1:500.000.

GEUS Rapport 2000/106: Kortlægning af marine naturtyper i Danmark i forbindelse med EF-Habitatdirektiv. Udført for Skov- og Naturstyrelsen

GEUS Rapport 2001/22. Geologisk kortlægning af Vestkysten. Regionalgeologisk tolkning og en samlet vurdering af aflejringsforholdene i området mellem Nymindesø og Horns Rev.

GEUS Rapport 2001/24. Evaluation of raw materials along NorNed cable route in Danish waters. Technical report to Statnett SF.

GEUS Rapport 2001/25. Evaluation of raw materials along Viking cable route in Danish waters. Technical report to Viking Cable AS.

GEUS Rapport 2001/96. Geologisk kortlægning af Vestkysten. Regionalgeologisk tolkning og en samlet vurdering af aflejringsforholdene i området mellem Lodbjerg og Blåvandshuk.

GEUS Rapport 2001/111. Geologisk kortlægning af Vestkysten. Samlede resultater af den regionalgeologiske kortlægning af kystzonen mellem Lodbjerg og Blåvandshuk.

Havforskning fra Miljøstyrelsen: Hydrografisk og biologisk beskrivelse af Skagerrakfronten. nr. 49

Ressourcekortlægning i Nordsøen. Seismik. Boringer. Kortlægning. Laboratorieanalyser. Udført for Skov- & Naturstyrelsen i 1996-98.

Guidelines. Natura 2000 network in the marine environment. Application of the Habitats and Birds Directives. Working Draft of the Marine Working Group, May 2005.

Øvrige afhandlinger

Anthony, D. 2001: Seabed geology, Holocene development and sediment dynamics in the Danish coastal zone of the North Sea. *Ph.D. afhandling. Københavns Universitet/GEUS*.

Bartholdy, J. and Følving, S. 1986: Sediment Classification and surface type mapping in the Danish wadden sea by remote sensing. *Netherlands Journal of Sea Research* 20 (4), 337 – 345.

Bolding, C. 1991. *Havforskning fra Miljøstyrelsen: Den Jyske Kyststrøm*. nr. 6. 1991.

S.E. Boyd, R.A. Coggan, S.N.R. Birchenough, D.S. Limpenny, P. Eastwood, R.L. Foster-Smith, S. Philpott, W.J. Meadows, J.W.C. James, K. Vanstaen, S. Soussi and S. Rogers, 2005. The role of seabed mapping techniques in environmental monitoring and management. *Sci. Ser. Tech Rep., Cefas Lowestoft*, 127: 166pp.

Day, J.C. & Roff, J.C. 2000: Planning for representative marine protected areas: A Framework for Canada's Ocean. *Report prepared for World Wildlife Fund Canada, Toronto*.

Folk, R.L. 1954: The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Jour. of Geol.* 62.

Folk, R.L. og Ward, W.C., 1957: Brazos River Bar: a study of significance of grain size parameters. *Jour. of Sed. Petr.* 27.

Fonselius, S.H. 1990: Skagerrak – the gateway to the North Sea *SMHI Oceanogra. Ser. Norrköping, Sweden*, 38: 1-29.

Genders, S. & Larsen, B., 1976: Sedimentundersøgelser fra farvandet mellem Skagerrak og Østersøen. *Miljøstyrelsen Bæltprojektet, Sediment Undersøgelser, Tekst og Figurer*.

Kuijpers, A., Werner, F. and Rumohr, J. 1993: Sandwaves and other large-scale bedforms as indicators of non-tidal surge currents in the skagerrak off Northern Denmark. *Marine Geology*, 111, 209-221.

Larsen, B. 2003. Blåvandshuk-Horns Rev området – et nyt Skagen? *Geologi nyt fra GEUS* Nr. 4 2003.

Leth, J.O. 1996: Late Quaternary geological development of the Jutland Bank and the Initiation of the Jutland Current, NE North Sea. *Nor. Geol. Unders. Bull.* 430, 25-34.

Leth, J.O. 1998. Late Quaternary geology and recent sedimentary processes of the Jutland Bank region, NE North Sea. *Ph.D. thesis: Aarhus Universitet/GEUS*.

Leth, J.O., Larsen, B. og Anthony, D. 2003. Sediment distribution and transport in the shallow coastal waters along the west coast of Denmark. *Geol. Surv. of Denmark and Greenland, Review of Survey activities 2003. Bull. 4.*

Leth, J.O. 2003. Nordsøen efter istiden – udforskningen af Jyske Rev. *Geologi nyt fra GEUS Nr. 3 2003.*

Otto et al. 1990: Review of physical oceanography of the North Sea. *Neth. J. Sea Res. 26: 161-238.*

Turrell et al. 1992: Seasonal change in the circulation of the northern North Sea. *Cont. Shelf Res., 12, (2-3): 257-286.*

7. CD med kortlægnings data i MapInfo format af marine naturtyper i Nordsøen ifm. EU-Habitatdirektivet.

8. Kortbilag 1. Kortlægning af Habitatdirektivets naturtyper i den danske del af Nordsøen: 1110 Sandbanker, 1170 Rev og 1180 Boblerev.

**Kortlægning af Habitatdirektivets naturtyper i den danske del af Nordsøen:
1110 Sandbanker, 1170 Rev og 1180 Boblerev**

Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand (Natura 2000 code 1110)

Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand under 20 m (Natura 2000 code 1110)

Sandbund, kortlagt ud fra sporadiske data. Kan indeholde sandbanker.

Hårdbundsarealer/rev i form af stenede og biogene formationer, der hæver sig over havbunden (Natura 2000 code 1170)

Hårdbundsarealer/uren bund. Afgrænset ud fra ikke-verificerede data. Kan indeholde spordiske rev.

Boblerev, sub-marine strukturer forårsaget af udsivende gas (Natura 2000 code 1180)

Områder med sandbølger

Manglende information

Kortbilag 1

GEUS

Projektion: UTM zone 32; koordinatsystem ED 50

The map displays the Danish portion of the North Sea, characterized by bathymetric contour lines indicating depth. Various habitat types are mapped and color-coded according to the legend:

- Yellow:** Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand (Natura 2000 code 1110) and Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand under 20 m (Natura 2000 code 1110).
- Light Yellow:** Sandbund, kortlagt ud fra sporadiske data. Kan indeholde sandbanker.
- Blue:** Hårdbundsarealer/rev i form af stenede og biogene formationer, der hæver sig over havbunden (Natura 2000 code 1170).
- Grey:** Hårdbundsarealer/uren bund. Afgrænset ud fra ikke-verificerede data. Kan indeholde spordiske rev.
- Green:** Boblerev, sub-marine strukturer forårsaget af udsivende gas (Natura 2000 code 1180).
- Pink Dashed:** Områder med sandbølger.
- White:** Manglende information.

The map shows a large area of yellow sandbanks in the central and northern parts, with blue hard-bottom areas and green bubble reefs scattered throughout. Bathymetric contours range from -10 to -100 meters depth. The coastline of Denmark is visible on the right side of the map.